

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-264385

(43)Date of publication of application : 06.10.1998

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

H01L 41/09

H01L 41/22

(21)Application number : 09-076249

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 27.03.1997

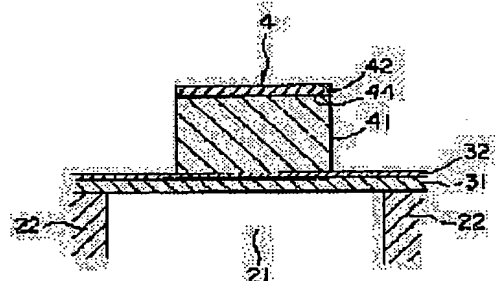
(72)Inventor : HASHIZUME TSUTOMU

(54) PIEZOELECTRIC ELEMENT, INK-JET TYPE RECORDING HEAD, AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a highly reliable piezoelectric element which is not deteriorated in piezoelectric characteristic, by forming a front face of a piezoelectric layer which is accurately smoothed to have a surface roughness of a specific value to the piezoelectric element holding the piezoelectric layer by electrode films.

**SOLUTION:** An insulating layer 31 and a lower electrode film 32 are layered as a diaphragm 3 on a substrate, and a piezoelectric layer 41 and an upper electrode film 42 are layered as a piezoelectric element 4 in a recording head. A surface of the piezoelectric layer 41 is smoothed accurately by grinding to a smooth face 44 of an arithmetic average roughness of 25 nm or smaller. The piezoelectric layer 41 is formed of a material changing a volume greatly when a voltage is impressed thereto, specifically titanate zirconate. Moreover, the upper electrode film 42 is a conductive electrode film formed of good conductive and chemically and physically stable material, preferably gold (Au) or platinum (Pt). A thickness of the upper electrode film 42 is set to keep uniformity as the electrode film, for example, approximately 0.1  $\mu$ m.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
  2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
  3. In the drawings, any words are not translated.
- 

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The piezo electric crystal component which is a piezo electric crystal component constituted by \*\*\*\*(ing) the piezo electric crystal layer from which the volume changes by impressing an electrical potential difference by the electrode layer, and is characterized by equipping said piezo electric crystal layer with the smooth side where surface roughness was graduated by the precision of 25nm or less by arithmetic mean granularity on the front face.

[Claim 2] It is the ink jet type recording head in which the diaphragm of the pressure room substrate with which it fills up with ink which equipped the whole surface with one or more piezo electric crystal components was formed at least. Said piezo electric crystal component It is the ink jet type recording head which carries out the laminating of the electrode layer to the piezo electric crystal layer which produces a volume change, is constituted, and is characterized by equipping said piezo electric crystal layer with the smooth side where surface roughness was graduated by the precision of 25nm or less by arithmetic mean granularity on the front face by impressing an electrical potential difference.

[Claim 3] The process which is the manufacture approach of the piezo electric crystal component constituted by \*\*\*\*(ing) the piezo electric crystal layer from which the volume changes by impressing an electrical potential difference by the electrode layer, and forms said piezo electric crystal layer, The manufacture approach of the piezo electric crystal component characterized by having the process which the surface roughness grinds the front face of said piezo electric crystal layer in precision of 25nm or less by arithmetic mean granularity, and forms a smooth side, and the process which forms said electrode layer in said smooth side of said piezo electric crystal layer.

[Claim 4] The manufacture approach of the piezo electric crystal component according to claim 3 which grinds said piezo electric crystal layer front face by chemical machinery polish, and forms said smooth side at the process which forms said smooth side.

[Claim 5] The manufacture approach of the piezo electric crystal component according to claim 3 which the surface roughness grinds said piezo electric crystal layer front face to 25nm or less by arithmetic mean granularity, and forms said smooth side at the process which grinds said piezo electric crystal layer.

[Claim 6] Are the manufacture approach of an ink jet type recording head that the diaphragm of the pressure room substrate with which it fills up with ink which equipped the whole surface with one or more piezo electric crystal components was formed at least, and a lower electrode layer is minded on said diaphragm. The manufacture approach of the ink jet type recording head characterized by having the process which forms the piezo electric crystal layer from which the volume changes by impressing an electrical potential difference, the process which grinds the front face of said piezo electric crystal layer, and forms a smooth side, and the process which forms an up electrode layer in said smooth side of said piezo electric crystal layer.

[Claim 7] The manufacture approach of the ink jet type recording head according to claim 6 which grinds said piezo electric crystal layer front face by chemical machinery polish, and forms said smooth side at the process which grinds said piezo electric crystal layer.

[Claim 8] The manufacture approach of the ink jet type recording head according to claim 6 which the surface roughness grinds said piezo electric crystal layer front face to 25nm or less by arithmetic mean granularity, and forms said smooth side at the process which grinds said piezo electric crystal layer.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] If this invention impresses an electrical potential difference, it will relate to the ink jet type recording head of the method on demand using the piezo electric crystal component and it which produce a volume change, and will offer a reliable piezo electric crystal component and its manufacturing technology especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] The ink jet type recording head of a method on demand equipped one field of a pressure room substrate with the diaphragm, and equips the field of another side with the nozzle plate which has a nozzle. The piezo electric crystal component is prepared on the diaphragm of the opposite side of the pressure room formed in the pressure room substrate. If an electrical potential difference is impressed to the electrode layer which \*\*\*\* a piezo electric crystal component, in order for a volume change to arise in a piezo electric crystal layer and to heighten the pressure of a pressure room momentarily, the ink droplet of the pressure interior of a room is breathed out by the record medium from a nozzle.

[0003] On the diaphragm formed in the whole surface of a pressure room substrate, the piezo electric crystal component for the conventional ink jet type recording head was applied until it became fixed thickness about the piezo electric crystal layer using the spin coat method etc. through the lower electrode layer, and it formed the up electrode for the piezo electric crystal layer after desiccation / cleaning.

[0004] However, since formation of the conventional piezo electric crystal layer only applied the piezo electric crystal ingredient by a spin coat method etc., the front face of a piezo electric crystal had fixed surface roughness. When the piezo electric crystal front face was coarse, there was un-arranging [ that pressure-proofing of a piezo electric crystal component fell ] among the up electrodes formed in the front face of a coarse piezo electric crystal layer according to the reason electric field concentrate between the head section electrode of the crevice field of a piezo electric crystal layer, and a lower electrode.

[0005] Moreover, in case a piezo electric crystal ingredient crystalizes by the desiccation and cleaning under the high temperature service after spreading of a piezo electric crystal ingredient, a specific thing (for example, a zirconium and titanium) segregates superfluously on the front face of a piezo electric crystal layer among the presentations which constitute a piezo electric crystal ingredient. This segregation matter's having un-arranged [ that a piezo-electric property may deteriorate ], since it was a low dielectric layer and the substantial electrical potential difference impressed to a piezo electric crystal layer fell. Since the piezo-electric property of a piezo electric crystal component established for every pressure room may have varied when a piezo-electric property deteriorates, the problem that an ink droplet was not breathed out by homogeneity had arisen from two or more nozzles.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Then, this invention aims at offering and having the structure

of a piezo electric crystal component where it has fixed pressure-proofing and a piezo-electric property cannot deteriorate easily, in view of the above-mentioned problem, and raising the dependability over an ink jet type recording head or a piezo electric crystal component.

[0007] That is, by removing the specific presentation segregated on surface rough \*\* produced on the front face of a piezo electric crystal layer, or a front face, a piezo-electric property does not deteriorate but the 1st technical problem of this invention is to offer a reliable piezo electric crystal component.

[0008] Moreover, by using the piezo electric crystal component from which the specific presentation segregated on surface rough \*\* or a front face was removed, the 2nd technical problem of this invention is reliable, and is that each nozzle offers the ink jet type recording head by which an ink droplet is breathed out by homogeneity.

[0009] The 3rd technical problem of this invention is offering the manufacture approach of the ink jet type recording head equipped with the piezo electric crystal component which can solve the above-mentioned technical problem, and its piezo electric crystal component.

[0010]

[Means for Solving the Problem] Invention according to claim 1 is the piezo electric crystal component constituted by \*\*\*\*(ing) the piezo electric crystal layer from which the volume changes by impressing an electrical potential difference by the electrode layer, and said piezo electric crystal layer is a piezo electric crystal component characterized by having the smooth side where surface roughness was graduated by the precision of 25nm or less by arithmetic mean granularity on the front face.

[0011] The pressure room substrate with which it fills up with ink at least invention according to claim 2 on the whole surface It is the ink jet type recording head in which the diaphragm equipped with one or more piezo electric crystal components was formed. Said piezo electric crystal component By impressing an electrical potential difference, the laminating of the electrode layer is carried out to the piezo electric crystal layer which produces a volume change, it is constituted, and said piezo electric crystal layer is an ink jet type recording head characterized by having the smooth side where surface roughness was graduated by the precision of 25nm or less by arithmetic mean granularity on the front face.

[0012] The process which invention according to claim 3 is the manufacture approach of the piezo electric crystal component constituted by \*\*\*\*(ing) the piezo electric crystal layer from which the volume changes by impressing an electrical potential difference by the electrode layer, and forms said piezo electric crystal layer, It is the manufacture approach of the piezo electric crystal component characterized by having the process which the surface roughness grinds the front face of said piezo electric crystal layer in precision of 25nm or less by arithmetic mean granularity, and forms a smooth side, and the process which forms said electrode layer in the smooth side of said piezo electric crystal layer.

[0013] Invention according to claim 4 is the manufacture approach of the piezo electric crystal component according to claim 3 which grinds said piezo electric crystal layer front face by chemical machinery polish, and forms a smooth side in the process which grinds said piezo electric crystal layer.

[0014] Invention according to claim 5 is the manufacture approach of the piezo electric crystal component according to claim 3 which the surface roughness grinds said piezo electric crystal layer front face to 25nm or less by arithmetic mean granularity, and forms a smooth side at the process which grinds said piezo electric crystal layer.

[0015] Invention according to claim 6 is the manufacture approach of an ink jet type recording head that the diaphragm of the pressure room substrate with which it fills up with ink which equipped the whole surface with one or more piezo electric crystal components was formed at least, and minds a lower electrode layer on said diaphragm. It is the manufacture approach of the ink jet type recording head characterized by having the process which forms the piezo electric crystal layer from which the volume changes, the process which grinds the front face of said piezo electric crystal layer, and forms a smooth side, and the process which forms an up electrode layer in the smooth side of said piezo electric crystal

layer by impressing an electrical potential difference.

[0016] Invention according to claim 7 is the manufacture approach of the ink jet type recording head according to claim 6 which grinds said piezo electric crystal layer front face by chemical machinery polish, and forms a smooth side in the process which grinds said piezo electric crystal layer.

[0017] Invention according to claim 8 is the manufacture approach of the ink jet type recording head according to claim 6 which the surface roughness grinds said piezo electric crystal layer front face to 25nm or less by arithmetic mean granularity, and forms a smooth side in the process which grinds said piezo electric crystal layer.

[0018]

[Embodiment of the Invention] Next, the gestalt of the best operation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0019] As shown in <operation gestalt 1> (explanation of configuration) drawing 1 ; and drawing 2 , the ink jet type recording head 101 of this invention is equipped with a nozzle plate 1, the pressure room substrate 2, a diaphragm 3, and a case 5, and is constituted.

[0020] In case it is stuck on the pressure room substrate 2, the nozzle plate 1 is constituted so that a nozzle 11 may be arranged in the location corresponding to each of the cavity (pressure room) 21 prepared in the pressure room substrate 2. [ two or more ]

[0021] The pressure room substrate 2 is equipped with the cavity 21, the side attachment wall 22, the reservoir 23, and the feed hopper 24. A cavity 21 is formed by etching substrates, such as silicon, and a side attachment wall 22 is constituted so that it may divide between cavities 21, and the reservoir 23 is constituted as common passage which can supply ink to each cavity 21 at the time of ink restoration. The feed hopper 24 is constituted by each cavity 21 possible [ installation of ink ].

[0022] A case 5 is cast with resin or a metal, and is constituted possible [ receipt of the pressure room substrate 2 with which the nozzle plate 1 and the diaphragm 3 were stuck ]. To a case 5, ink is supplied from the ink tank which is not illustrated, and it is constituted possible [ supply of ink ] in the pressure room substrate 2 through the ink tank opening 33.

[0023] The diaphragm film 3 equips one field of the pressure room substrate 2 with the configuration in which lamination is possible, as shown in drawing 2 . The piezo electric crystal component 4 forms and consists of predetermined configurations on the diaphragm 3.

[0024] As shown in drawing 3 , on the substrate 20 (it illustrates to drawing 5 ), the laminating of an insulator layer 31 and the lower electrode layer 32 is carried out as a diaphragm 3, as a piezo electric crystal component 4, the laminating of the piezo electric crystal layer 41 and the up electrode layer 42 is carried out, and the layer structure (A-A cutting plane of drawing 2 ) of the diaphragm film 3 and the piezo electric crystal component 4 is specifically constituted. The front face of the piezo electric crystal layer 41 is graduated by polish processing, and the smooth side 44 is formed.

[0025] A substrate 20 is composed with silicon with easy processing etc. The opposite side of the substrate corresponding to the location in which the piezo electric crystal component 4 is formed is etched, and the cavity 21 is formed. A substrate 20 consists of thickness of about 200 micrometers so that it may have a moderate mechanical strength and may have height suitable as a pressure room substrate.

[0026] An insulator layer 31 is constituted by the silicon dioxide were formed by carrying out thermal oxidation etc., and transforms an ingredient without conductivity, for example, a silicon substrate, by the volume change of a piezo electric crystal layer, and heightening the pressure inside a cavity 21 momentarily is constituted possible. The insulator layer 31 consists of thickness of about 1 micrometer so that suitable reinforcement and suitable insulation can be maintained.

[0027] The lower electrode layer 32 is the electrode of another side which becomes the up electrode layer 42 for impressing an electrical potential difference to a piezo electric crystal layer, and a pair, fabricates the ingredient which has conductivity, for example, platinum, (Pt) by the thickness of about 500nm, and is constituted. Moreover, in order to raise the adhesion of platinum, and the piezo electric

crystal layer 41 and an insulator layer 31, you may have a laminated structure. For example, on an insulator layer 31, the laminating of a titanium (Ti) layer, a titanium oxide layer, a titanium (Ti) layer, a platinum (Pt) layer, and the titanium layer may be carried out to order, and they may be constituted.

[0028] The piezo electric crystal layer 41 is constituted by the ingredient which produces a big volume change by electrical-potential-difference impression. As such an ingredient, piezoelectric ceramics, such as lead (Pb), a zirconium (Zr), titanium (Ti), magnesium (Mg) and an oxide of niobium (Nb), nickel (nickel), or a tungsten (W), is mentioned. Especially, titanate-acid lead zirconate ( $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ ; P ZT.) etc. is typical. As for the piezo electric crystal layer 41, it is desirable to carry out multiple-times spreading, to carry out the laminating of the same ingredient and to constitute it. If the thickness of the whole layer becomes thick, high driver voltage is needed, when it is made too much thick, and thickness of the whole piezo electric crystal layer is made too much thin, the property of each piezo electric crystal component which thickness was not made to homogeneity but was separated after etching varies, or its manufacture man day increases, and it becomes impossible to manufacture it at appropriate cost. Therefore, the number of laminatings in each piezo electric crystal layer is about eight layers desirable especially suitably [ four layers thru/or 36 layers ], and it is desirable to set especially 600nm – 3600nm of thickness of the piezo electric crystal layer 41 whole to 800nm – about 2000nm suitably.

[0029] The smooth side 44 is formed by grinding the front face of the piezo electric crystal layer 41. As for the surface roughness, it is desirable that the precision of 25nm or less graduates by arithmetic mean granularity. Moreover, as for polish processing, it is desirable to carry out to extent which titanium and a zirconium segregate on the surface of a piezo electric crystal by formation of a piezo electric crystal layer, and can remove the part which is more superfluous than the content by the side of the lower electrode of a piezo electric crystal layer as for titanium or a zirconium. for this reason, the chemical machinery polish (CMP; Chemical Mechanical Polishing) to which the smooth side 44 is used for semi-conductor polish — using law etc., 100nm – about 200nm is ground, and it is formed.

[0030] The up electrode layer 42 is an electrode layer with lead-wire nature. For the ingredient of the up electrode layer 42 to be a good conductive ingredient, and to be a stable ingredient chemically and physically is desired. As an ingredient of such a property, gold (Au) and platinum (Pt) are desirable. The thickness of the up electrode layer 42 carries out to about 0.1 micrometers of thickness of extent which can maintain the homogeneity as an electrode layer, for example, thickness.

[0031] (Operation) As shown in drawing 4 , after drying and degreasing the piezo electric crystal layer applied with the spin coating method etc., the up electrode layer was provided by the conventional piezo electric crystal component 4b. A certain amount of boom hoisting had produced the front face 43 of the piezo electric crystal layer 41 applied by the spin coating method. This surface roughness is dependent on the condition of the polycrystal of a piezo electric crystal layer. For example, in the case of titanate-acid lead zirconate, the diameter of crystal grain of the magnitude of the crystal which a piezoelectric constant has the property of 100 or more pC/N, and constitutes the titanate-acid lead zirconate whose thickness is 800nm is 200nm – 500nm, the shape of the surface type has become semi-sphere-like, and 50nm – 150nm arithmetic mean granularity exists.

[0032] However, if surface roughness of this level exists, in order that electric field may concentrate on the up electrode of a surface crevice field, and lower inter-electrode one, the resistance of the whole piezo electric crystal component deteriorates.

[0033] Moreover, although crystallization is promoted at a heat annealing process, as shown in drawing 4 , in the process of these processings, titanium, a zirconium, etc. in a piezo electric crystal layer segregate a piezo electric crystal layer on the front face of a piezo electric crystal layer. the presentation of the piezoelectric ceramics of a piezo electric crystal layer is set that a good piezo-electric property is acquired proper — \*\*\*\* — segregation of the segregation of \*\*\*\*\*, titanium, or a zirconium generates an extraordinary component 46. Since an extraordinary component 46 is titanium oxide, a zirconium dioxide, etc. of a low dielectric constant compared with titanate-acid lead zirconate, it brings effect to the piezo-electric property of the whole piezo electric crystal layer. The piezo electric

crystal layer must consist of uniform presentations over the whole layer.

[0034] In view of this point, by this invention, the chemical machinery grinding method etc. is ground and the segregation field 45 (a broken line shows by drawing 4) which is segregating the irregularity of the front face of the piezo electric crystal layer formed with the spin coating method etc. and a extraordinary component 46 is removed. The smooth side 44 is formed in the front face of a piezo electric crystal layer of this processing, and the presentation of a piezo electric crystal layer is equalized. The ground piezo electric crystal layer is equipped with the pressure-proofing more than constant value, and a piezo-electric property does not deteriorate.

[0035] Next, the principle of expulsion of an ink droplet is explained. In the ink jet type recording head of this invention, driver voltage is connected possible [ impression ] between the up electrode layer 42 and the lower electrode 32 in the piezo electric crystal component 4 equipped with the layer structure of drawing 3. Unless an electrical potential difference is impressed between an up electrode layer and a lower electrode layer, a volume change does not arise in a piezo electric crystal layer. For this reason, in the cavity 21 (refer to drawing 2) in which the piezo electric crystal component 4 to which an electrical potential difference is not impressed was formed, a volume change does not happen and an ink droplet is not breathed out.

[0036] On the other hand, if a fixed electrical potential difference (for example, 15V) is impressed between an up electrode layer and a lower electrode layer, a volume change will arise in a piezo electric crystal layer. For this reason, in the cavity 21 in which the piezo electric crystal component 4 to which the fixed electrical potential difference was impressed was formed, a diaphragm 3 deforms by the volume change of the piezo electric crystal component 4, and the volume in a cavity 21 is reduced. For this reason, the internal pressure of the ink in a cavity 21 increases momentarily, and an ink droplet is breathed out from a nozzle 11.

[0037] Since the smooth side 44 is established also in which piezo electric crystal component 4, a piezo-electric property is equal. Therefore, even if it impresses an electrical potential difference to which piezo electric crystal component 4, an equivalent ink droplet is breathed out from the nozzle 11.

[0038] (Explanation of the manufacture approach) Next, the manufacture approach of the ink jet type recording head of this invention is explained.

[0039] Piezo electric crystal layer formation process ( drawing 5 (a) ) : The insulator layer 31 and the lower electrode layer 32 used as the diaphragm film 3 are first formed in a silicon substrate 20. An insulator layer 31 is formed by passing desiccation oxygen, making it oxidize thermally for about 22 hours, and considering as the thermal oxidation film of about 1-micrometer thickness in a 1100-degree C furnace. Or in a 1100-degree C furnace, the oxygen containing a steam may be passed, it may be made to oxidize thermally for about 5 hours, and the thermal oxidation film of about 1-micrometer thickness may be formed. The insulator layer formed by these approaches carries out an electric insulation, and also serves as a protective layer to etching processing.

[0040] As a lower electrode layer 32, it is [ layer / about 200nm and / titanium ] each about 5nm thickness about about 500nm and a titanium layer in about 5nm and platinum, the laminating of about 200nm and the titanium oxide layer is carried out one by one using a DC-sputtering method etc., and a titanium layer is formed, for example. In addition, the platinum layer of about 800nm of thickness may be formed by the sputtering method etc. However, the titanium layer under a platinum layer is required.

[0041] Subsequently, the piezo electric crystal layer 41 is formed. The ingredient which uses piezoelectric ceramics ingredients (for example, titanate-acid lead zirconate-ZT) or those solid solutions as a principal component is applied on the lower electrode layer 32 by the spin coding method (formation). In this phase, some irregularity produced by the forming-membranes method exists in the front face of a piezo electric crystal layer (43 reference of drawing 4).

[0042] Eight layers of thickness of a reference layer are further made into the thickness of about 125nm of hits, when piling up like this gestalt. A piezo electric crystal layer may be formed using the sputtering method used in the semi-conductor process other than spin coating, and a CVD method.



[0043] Desiccation cleaning process (this drawing (b)) : Piezo electric crystal layer 41b immediately after spreading does not call it the piezo electric crystal film precursor of an amorphous condition, and is not crystallized. For this reason, fixed time amount (for example, about 10 minutes) desiccation is carried out with constant temperature (for example, 180 degrees) after spreading of an ingredient. After desiccation, fixed time amount (for 30 minutes) cleaning is carried out at a predetermined elevated temperature (for example, 400 degrees) in order to evaporate an organic solvent further.

[0044] When carrying out the laminating of two or more layers, spreading of a piezoelectric ceramics ingredient, desiccation, and cleaning are repeated further, and it considers as desired thickness.

[0045] If the laminating of the piezo electric crystal is carried out to desired thickness, in order to promote crystallization of a ceramic layer further and to raise the property as a piezo electric crystal, it heat-treats under a predetermined ambient atmosphere. For example, in order to carry out high-speed heat treatment (RTA:Rapid Thermal Annealing) into oxygen, it heats for 1 minute at 725 more degrees for 5 minutes by 600 degrees.

[0046] Smooth side formation process (this drawing (c)) : If the piezo electric crystal layer 41 is formed, the front face 43 will be ground and the smooth side 44 will be formed. As the polish approach, chemical machinery polish (CMP) is desirable. Chemical machinery polish turns the field to grind down, and is performed by pushing against the rotating turn table which is called a platen. The pad made from urethane foam is stuck on the polished surface of a platen, and the abrasives called a slurry have adhered to the pad. What distributed impalpable powder (8-50nm) called a silica ( $\text{SiO}_2$ ) in the potassium hydroxide (KOH) as a slurry, and the thing which added the alumina (aluminum  $2\text{O}_3$ ) particle to the hydrogen-peroxide agent ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) are used.

[0047] The structure from which this drawing (c) cut the platen 10 at the revolving-shaft 11 core is shown. The platen 10 is rotating with the rotational speed about 10 - 100r.p.m, and the front face of a piezo electric crystal layer is forced on this rotating platen 10 for 2 - 3 minutes. Thereby, about 50-100nm is deleted for the irregular front face 43 of the piezo electric crystal layer 41, it is about 0.1 micrometers in process tolerance in the desired value of the remaining thickness, and less than 5% of smooth side 44 is formed for dispersion in thickness. The irregularity of a front face 43 is removed by polish processing, and the extraordinary component 46 which titanium, a zirconium, etc. segregated and produced is removed.

[0048] As equipment which performs chemical machinery polish, equipments, such as MIRRA by AVANTI472 made from U.S. IPEC/PLANAR, 6DS-SP made from U.S. STRASBAUGH, CMP-II by the speed femme company, LGP-554 made from the lap master SFT, and EPO-113 and U.S. Applied Materials Corp., are applicable, for example. Of course, other approaches may be used as long as the front face of a piezo electric crystal layer is processible with a comparable precision and comparable dispersion.

[0049] Up electrode formation process (this drawing (d)) : On the smooth side 44, techniques, such as electron beam vacuum deposition and the sputtering method, are used, and the up electrode layer 42 is formed. The ingredient of an up electrode has conductivity and let it be an ingredient with chemical and physical high stability. The thickness is taken as the thickness of about 100nm.

[0050] Etching process (this drawing (e)) : After forming each class, the mask of the laminated structure on the diaphragm film 3 is carried out so that it may become the configuration doubled with the configuration of each cavity, the perimeter is etched, and an up electrode layer and a piezo electric crystal layer are removed. That is, approaches, such as the spinner method and a spray method, are used, and the resist of uniform thickness is applied, negatives are exposed and developed, and a resist is formed on the up electrode layer 42. The ion milling usually used for this or the dry etching method is applied, and an unnecessary layer structure part is removed.

[0051] Furthermore, a cavity 21 is formed in the field of another side of the pressure room substrate 2. For example, cavity space is etched using the anisotropic etching using activity gases, such as anisotropic etching by the alkali water solution, and parallel monotonous mold reactive ion etching. The

part left behind without being etched becomes a side attachment wall 22. An epoxy resin etc. is used for the pressure room substrate 2 after etching, and a nozzle plate 1 is stuck on it. At this time, it aligns so that each nozzle 11 may be arranged in each space of the cavity 21 of the pressure room substrate 2. If the pressure room substrate 2 with which the nozzle plate 1 was stuck is attached in a case 5, the ink jet type recording head 101 will be completed.

[0052] As described above, according to this invention, chemical machinery polish removes the surface irregularity and the surface extraordinary component of a piezo electric crystal layer, and a homogeneous piezo electric crystal layer can be formed. Thereby, the pressure-proofing becomes more than constant value with any piezo electric crystal component 4 of an ink jet type recording head, and there is no degradation of a piezo-electric property. Therefore, the dependability of an ink jet type recording head improves, and even if it impresses an electrical potential difference to which piezo electric crystal component, an equivalent ink droplet can be made to breathe out.

[0053] <other modifications> — in addition, this invention cannot be based on the above-mentioned operation gestalt, but can deform into versatility. For example, although this invention made the piezo electric crystal component of an ink jet type recording head applicable [ main ] to application, it may apply this invention to the piezo electric crystal component as independent components. That is, the front face of the piezo electric crystal layer fabricated using piezoelectric ceramics, such as PZT, is ground, a smooth side is formed, this piezo electric crystal layer is \*\*\*\*(ed) by two electrode layers, and a piezo electric crystal component is constituted. If this piezo electric crystal layer is \*\*\*\*(ed) by the two-electrodes film and that laminated structure is started according to desired magnitude, the piezo electric crystal component of high performance will be obtained. According to the piezo electric crystal component of this invention, a piezo electric crystal layer is homogeneous, and since pressure-proofing does not have degradation of regularity and a piezo-electric property, a reliable piezo electric crystal component can be offered. as the candidate for application of such a piezo electric crystal component — piezo-electricity — an accelerometer, a piezoelectric-crystal child, a piezoelectric loudspeaker, a piezoelectric pickup, a piezoelectric microphone, etc. can be considered.

[0054]

[Effect of the Invention] Since the piezo electric crystal layer was homogenized by establishing a smooth side in a piezo electric crystal layer according to this invention, the piezo electric crystal component for which is equipped with fixed pressure-proofing and a piezo-electric property cannot deteriorate easily can be offered. Therefore, the dependability over an ink jet type recording head or a piezo electric crystal component can be raised.

[0055] That is, according to this invention, by removing the specific presentation segregated on surface rough \*\* produced on the front face of a piezo electric crystal layer, or a front face, a piezo-electric property does not deteriorate but a reliable piezo electric crystal component can be offered.

[0056] Moreover, according to this invention, by using the piezo electric crystal component from which the specific presentation segregated on surface rough \*\* or a front face was removed, it is reliable and each nozzle can offer the ink jet type recording head by which an ink droplet is breathed out by homogeneity.

[0057] Furthermore, according to this invention, the manufacture approach of the ink jet type recording head equipped with the piezo electric crystal component which can do the above-mentioned effectiveness so, and its piezo electric crystal component can be offered.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] It is the decomposition perspective view of the ink jet type recording head of this invention.

[Drawing 2] It is a sectional view in part with the perspective view of the pressure room substrate of the ink jet type recording head of this invention.

[Drawing 3] It is a sectional view explaining the layer structure of the piezo electric crystal component of this invention, and one piezo electric crystal component is observed from the A-A cutting plane of drawing 2 .

[Drawing 4] It is a sectional view explaining the layer structure of the conventional piezo electric crystal component, and is a comparison Fig. with the sectional view of drawing 3 .

[Drawing 5] It is a production process sectional view explaining the manufacture approach of the ink jet type recording head of this invention, and is drawing having shown typically the cutting plane of the pressure room substrate in each process.

**[Description of Notations]**

- 1 — Nozzle plate
- 2 — Pressure room substrate
- 3 — Diaphragm
- 4 — Piezo electric crystal component
- 21 — Cavity
- 31 — Insulator layer
- 32 — Lower electrode layer
- 41 — Piezo electric crystal layer
- 42 — Up electrode layer
- 43 — Front face of an irregular piezo electric crystal layer
- 44 — Smooth side of this invention
- 45 — Segregation field
- 46 — Extraordinary component

---

**[Translation done.]**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-264385

(43) 公開日 平成10年(1998)10月6日

(51) IntCl.<sup>a</sup>  
B 4 1 J 2/045  
2/055  
2/16  
H 0 1 L 41/09  
41/22

識別記号

F I  
B 4 1 J 3/04 1 0 3 A  
1 0 3 H  
H 0 1 L 41/08 C  
41/22 Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-76249

(22) 出願日 平成9年(1997)3月27日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 橋爪 勉

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

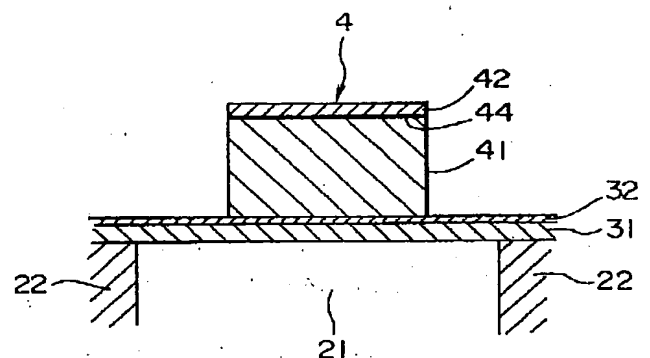
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 圧電体素子、インクジェット式記録ヘッドおよびそれらの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 一定の耐圧を備え圧電特性が劣化しにくい信頼性の高い圧電体素子の提供。

【解決手段】 インクが充填される圧力室基板2の少なくとも一面に、1以上の圧電体素子4を備えた振動板3が設けられたインクジェット式記録ヘッドであって、圧電体素子4は、電圧を印加することにより体積変化を生ずる圧電体層41に、電極膜42を積層して構成され、圧電体層の表面には、平滑化された平滑面44を備えて構成される。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電圧を印加することにより体積が変化する圧電体層を電極膜で挟持して構成された圧電体素子であって、

前記圧電体層には、その表面に表面粗さが算術平均粗さで25nm以下の精度に平滑化された平滑面を備えたことを特徴とする圧電体素子。

【請求項2】 インクが充填される圧力室基板の少なくとも一面に、1以上の圧電体素子を備えた振動板が設けられたインクジェット式記録ヘッドであって、

前記圧電体素子は、電圧を印加することにより体積変化を生ずる圧電体層に、電極膜を積層して構成され、前記圧電体層は、その表面に表面粗さが算術平均粗さで25nm以下の精度に平滑化された平滑面を備えたことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項3】 電圧を印加することにより体積が変化する圧電体層を電極膜で挟持して構成された圧電体素子の製造方法であって、

前記圧電体層を形成する工程と、  
前記圧電体層の表面を、その表面粗さが算術平均粗さで25nm以下の精度に研磨して平滑面を形成する工程と、

前記圧電体層の前記平滑面に前記電極膜を形成する工程と、を備えたことを特徴とする圧電体素子の製造方法。

【請求項4】 前記平滑面を形成する工程では、化学機械研磨により前記圧電体層表面を研磨して前記平滑面を形成する請求項3に記載の圧電体素子の製造方法。

【請求項5】 前記圧電体層を研磨する工程では、前記圧電体層表面をその表面粗さが算術平均粗さで25nm以下に研磨して前記平滑面を形成する請求項3に記載の圧電体素子の製造方法。

【請求項6】 インクが充填される圧力室基板の少なくとも一面に、1以上の圧電体素子を備えた振動板が設けられたインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、

前記振動板上に、下部電極膜を介して、電圧を印加することにより体積が変化する圧電体層を形成する工程と、  
前記圧電体層の表面を研磨して平滑面を形成する工程と、

前記圧電体層の前記平滑面に上部電極膜を形成する工程と、を備えたことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項7】 前記圧電体層を研磨する工程では、化学機械研磨により前記圧電体層表面を研磨して前記平滑面を形成する請求項6に記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項8】 前記圧電体層を研磨する工程では、前記圧電体層表面をその表面粗さが算術平均粗さで25nm以下に研磨して前記平滑面を形成する請求項6に記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電圧を印加すると体積変化を生ずる圧電体素子およびそれを用いたオンデマンド方式のインクジェット式記録ヘッドに係り、特に、信頼性の高い圧電体素子およびその製造技術を提供するものである。

【0002】

【従来の技術】オンデマンド方式のインクジェット式記録ヘッドは、圧力室基板の一方の面に振動板を備え、他方の面にはノズルを有するノズル板を備えている。圧電体素子は、圧力室基板に形成された圧力室の反対側の振動板上に設けられている。圧電体素子を挟持する電極膜に電圧を印加すると、圧電体層に体積変化が生じ、圧力室の圧力を瞬間的に高めるため、圧力室内のインク滴がノズルから記録媒体に吐出される。

【0003】従来のインクジェット式記録ヘッドのための圧電体素子は、圧力室基板の一面に設けられた振動板上に、下部電極膜を介してスピンコート法等を用いて圧電体層を一定の厚さとなるまで塗布し、圧電体層を乾燥・脱脂後、上部電極を形成していた。

【0004】しかしながら、従来の圧電体層の形成は、スピンコート法等による圧電体材料の塗布を行うだけであったので、圧電体の表面は一定の表面粗さがあった。圧電体表面が粗いと、粗い圧電体層の表面に形成された上部電極のうち、圧電体層の凹部領域のお上部電極と下部電極の間に電界が集中するという理由により、圧電体素子の耐圧が低下するという不都合があった。

【0005】また、圧電体材料の塗布後の高温条件下での乾燥や脱脂により圧電体材料が結晶化する際、圧電体材料を構成する組成のうち特定のもの（例えばジルコニウムやチタン）が圧電体層の表面に過剰に偏析する。この偏析物質は低誘電層であるため、圧電体層に印加される実質的な電圧が低下するので、圧電特性が劣化する場合があるという不都合があった。圧電特性が劣化すると、圧力室ごとに設けられた圧電体素子の圧電特性がばらつくことがあるため、複数のノズルから均一にインク滴が吐出されないという問題が生じていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、上記問題に鑑み、一定の耐圧を備え圧電特性が劣化しにくい圧電体素子の構造を提供し、もってインクジェット式記録ヘッドや圧電体素子に対する信頼性を高めることを目的とする。

【0007】すなわち、本発明の第1の課題は、圧電体層の表面に生じた表面粗れや表面に偏析した特定の組成を除去することにより、圧電特性が劣化せず、信頼性の高い圧電体素子を提供することにある。

【0008】また、本発明の第2の課題は、表面粗れや表面に偏析した特定の組成が除去された圧電体素子を用

(3)

3

いることにより、信頼性が高く、かつ、各ノズルとも均一にインク滴が吐出されるインクジェット式記録ヘッドを提供することである。

【0009】本発明の第3の課題は、上記課題を解決しうる圧電体素子およびその圧電体素子を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、電圧を印加することにより体積が変化する圧電体層を電極膜で挟持して構成された圧電体素子であって、前記圧電体層は、その表面に表面粗さが算術平均粗さで25nm以下の精度に平滑化された平滑面を備えたことを特徴とする圧電体素子である。

【0011】請求項2に記載の発明は、インクが充填される圧力室基板の少なくとも一面に、1以上の圧電体素子を備えた振動板が設けられたインクジェット式記録ヘッドであって、前記圧電体素子は、電圧を印加することにより体積変化を生ずる圧電体層に、電極膜を積層して構成され、前記圧電体層は、その表面に表面粗さが算術平均粗さで25nm以下の精度に平滑化された平滑面を備えたことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドである。

【0012】請求項3に記載の発明は、電圧を印加することにより体積が変化する圧電体層を電極膜で挟持して構成された圧電体素子の製造方法であって、前記圧電体層を形成する工程と、前記圧電体層の表面を、その表面粗さが算術平均粗さで25nm以下の精度に研磨して平滑面を形成する工程と、前記圧電体層の平滑面に前記電極膜を形成する工程と、を備えたことを特徴とする圧電体素子の製造方法である。

【0013】請求項4に記載の発明は、前記圧電体層を研磨する工程において、化学機械研磨により前記圧電体層表面を研磨して平滑面を形成する請求項3に記載の圧電体素子の製造方法である。

【0014】請求項5に記載の発明は、前記圧電体層を研磨する工程では、前記圧電体層表面をその表面粗さが算術平均粗さで25nm以下に研磨して平滑面を形成する請求項3に記載の圧電体素子の製造方法である。

【0015】請求項6に記載の発明は、インクが充填される圧力室基板の少なくとも一面に、1以上の圧電体素子を備えた振動板が設けられたインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、前記振動板上に、下部電極膜を介して、電圧を印加することにより体積が変化する圧電体層を形成する工程と、前記圧電体層の表面を研磨して平滑面を形成する工程と、前記圧電体層の平滑面上部電極膜を形成する工程と、を備えたことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの製造方法である。

【0016】請求項7に記載の発明は、前記圧電体層を研磨する工程において、化学機械研磨により前記圧電体層表面を研磨して平滑面を形成する請求項6に記載のイ

4

ンクジェット式記録ヘッドの製造方法である。

【0017】請求項8に記載の発明は、前記圧電体層を研磨する工程において、前記圧電体層表面をその表面粗さが算術平均粗さで25nm以下に研磨して平滑面を形成する請求項6に記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法である。

【0018】

【発明の実施の形態】次に、本発明の最良の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0019】＜実施形態1＞

（構成の説明）図1および図2に示すように、本発明のインクジェット式記録ヘッド101は、ノズル板1、圧力室基板2、振動板3および筐体5を備えて構成されている。

【0020】ノズル板1は、圧力室基板2に貼り合わせられる際に、圧力室基板2に複数設けられたキャビティ（圧力室）21の各々に対応する位置にノズル11が配置されるよう構成されている。

【0021】圧力室基板2は、キャビティ21、側壁22、リザーバ23および供給口24を備えている。キャビティ21は、シリコン等の基板をエッチングすることにより形成され、側壁22は、キャビティ21間を仕切るよう構成され、リザーバ23は、各キャビティ21にインク充填時にインクを供給可能な共通の流路として構成されている。供給口24は、各キャビティ21にインクを導入可能に構成されている。

【0022】筐体5は、樹脂または金属により成型され、ノズル板1および振動板3が貼り付けられた圧力室基板2を収納可能に構成されている。筐体5には、図示しないインクタンクからインクが供給され、インクタンクロ33を介して圧力室基板2内にインクを供給可能に構成されている。

【0023】振動板膜3は、図2に示すように、圧力室基板2の一方の面に貼り合わせ可能な構成を備えている。圧電体素子4は、振動板3上に所定の形状で形成されて構成されている。

【0024】振動板膜3および圧電体素子4の層構造（図2のA-A切断面）は、具体的には図3に示すように、基板20（図5に図示する）の上に、振動板3として絶縁膜31および下部電極膜32が積層され、圧電体素子4として圧電体層41および上部電極膜42が積層されて構成されている。圧電体層41の表面は、研磨処理により平滑化されて平滑面44が形成されている。

【0025】基板20は、加工が容易なシリコン等により組成される。圧電体素子4が形成される位置に対応する基板の反対側はエッチングされ、キャビティ21が形成されている。基板20は、適度な機械的強度を有し、圧力室基板として適当な高さを備えるように、例えば200μm程度の厚さで構成する。

【0026】絶縁膜31は、導電性のない材料、例え

(4)

5

ば、シリコン基板を熱酸化等して形成された二酸化珪素により構成され、圧電体層の体積変化により変形し、キャビティ21の内部の圧力を瞬間的に高めることが可能に構成されている。絶縁膜31は、適当な強度と絶縁性を維持できるように、例えば1 $\mu$ m程度の厚さで構成されている。

【0027】下部電極膜32は、圧電体層に電圧を印加するための上部電極膜42と対になる他方の電極であり、導電性を有する材料、例えば、白金(Pt)を500nm程度の厚さで成形して構成される。また、白金と圧電体層41や絶縁膜31との密着性を向上させるために、積層構造を備えてもよい。例えば、絶縁膜31の上に、チタン(Ti)層、酸化チタン層、チタン(Ti)層、白金(Pt)層およびチタン層を順に積層して構成してもよい。

【0028】圧電体層41は、電圧印加により大きな体積変化を生ずる材料により構成される。このような材料として、鉛(Pb)、ジルコニウム(Zr)、チタン(Ti)、マグネシウム(Mg)およびニオブ(Nb)の酸化物、ニッケル(Ni)、またはタングステン(W)等の圧電性セラミックスが挙げられる。特に、チタン酸ジルコン酸鉛(Pb(ZrTi)O<sub>3</sub>; PZT)等が代表的である。圧電体層41は、同一の材料を複数回塗布し積層して構成することが好ましい。圧電体層全体の膜厚は、あまりに厚くすると、層全体の厚みが厚くなり、高い駆動電圧が必要となり、あまりに薄くすると、膜厚を均一にできずエッチング後に分離された各圧電体素子の特性がばらついたり、製造工数が多くなり、妥当なコストで製造できなくなったりする。したがって、各圧電体層における積層数は、4層乃至36層が好ましく、特に好適には8層程度であり、圧電体層41全体の膜厚を、600nm～3600nm、特に好適には800nm～2000nm程度とすることが好ましい。

【0029】平滑面44は、圧電体層41の表面を研磨することにより形成される。その表面粗さは、算術平均粗さで25nm以下の精度に平滑化されていることが好ましい。また、研磨処理は、圧電体層の形成により圧電体の表面にチタンやジルコニウムが偏析し、チタンやジルコニウムが圧電体層の下部電極側の含有量より過剰となっている部分を除去しう程度に行うことが好ましい。このため、平滑面44は、半導体研磨に用いられる化学機械研磨(CMP; Chemical Mechanical Polishing)法等を用い、100nm～200nm程度研磨して形成される。

【0030】上部電極膜42は、導線性のある電極膜である。上部電極膜42の材料は、良好な導電性材料であって、化学的・物理的に安定な材料であることが望まれる。このような性質の材料としては、金(Au)や白金(Pt)が好ましい。上部電極膜42の膜厚は、電極膜としての均一性を保てる程度の厚さ、例えば、膜厚0.

6

1 $\mu$ m程度とする。

【0031】(作用)図4に示すように、従来の圧電体素子4bでは、スピンコーティング法等により塗布した圧電体層を、乾燥・脱脂してから上部電極膜を設けていた。スピンコーティング法により塗布された圧電体層41の表面43は、ある程度の起伏が生じていた。この表面粗さは、圧電体層の多結晶の状態に依存している。例えばチタン酸ジルコン酸鉛の場合、圧電定数が100pC/N以上の特性を有し膜厚が800nmのチタン酸ジルコン酸鉛を構成する結晶の大きさは、結晶粒径が200nm～500nmであり、その表面形状は半球状になっており、50nm～150nmの算術平均粗さが存在する。

【0032】しかし、この程度の表面粗さが存在すると、表面の凹部領域の上部電極と下部電極間に電界が集中するため、圧電体素子全体の耐性が劣化する。

【0033】また、圧電体層は熱アニール工程で結晶化が促進されるが、図4に示すように、これら処理の過程において、圧電体層中のチタンやジルコニウム等が圧電体層の表面に偏析する。良好な圧電特性が得られるように圧電体層の圧電性セラミックスの組成は、適正に定められているにも関わらず、チタンやジルコニウムの偏析が偏析すると、異常成分46が発生する。異常成分46は、チタン酸ジルコン酸鉛に比べ低誘電率の酸化チタンや酸化ジルコニウム等であるため、圧電体層全体の圧電特性に影響をもたらす。圧電体層は層全体にわたって均一な組成で構成されていなければならない。

【0034】この点に鑑み、本発明では、スピンコーティング法等で形成された圧電体層の表面の凹凸や異常成分46の偏析している偏析領域45(図4で破線で示す)を、化学機械研磨法等によりを研磨して取り除く。この処理により、圧電体層の表面に平滑面44が形成され、圧電体層の組成が均一化される。研磨された圧電体層は、一定値以上の耐圧を備え、圧電特性が劣化することがない。

【0035】次に、インク滴吐出の原理を説明する。本発明のインクジェット式記録ヘッドでは、図3の層構造を備える圧電体素子4において、上部電極膜42と下部電極32との間に駆動電圧が印加可能に接続される。上部電極膜と下部電極膜との間に電圧が印加されないと、圧電体層には体積変化が生じない。このため、電圧が印加されない圧電体素子4が設けられたキャビティ21(図2参照)では、体積変化が起こらず、インク滴は吐出されない。

【0036】一方、上部電極膜と下部電極膜との間に一定の電圧(例えば15V)が印加されると、圧電体層に体積変化が生ずる。このため、一定の電圧が印加された圧電体素子4が設けられたキャビティ21では、圧電体素子4の体積変化により振動板3が変形し、キャビティ21内の体積を減らす。このため、キャビティ21内の

(5)

7

インクの内圧が瞬間的に高まり、インク滴がノズル11から吐出される。

【0037】いずれの圧電体素子4においても平滑面44が設けられているので、圧電特性が等しい。したがって、いずれの圧電体素子4に電圧を印加しても等量のインク滴がそのノズル11より吐出される。

【0038】（製造方法の説明）次に、本発明のインクジェット式記録ヘッドの製造方法を説明する。

【0039】圧電体層形成工程（図5(a)）： まず、シリコン基板20に振動板膜3となる絶縁膜31と下部電極膜32を形成する。絶縁膜31は、例えば、1100℃の炉の中で、乾燥酸素を流して22時間程度熱酸化させ、約1μmの膜厚の熱酸化膜とすることで形成される。あるいは、1100℃の炉の中で、水蒸気を含む酸素を流して5時間程度熱酸化させ、約1μmの膜厚の熱酸化膜を形成してもよい。これらの方法により形成された絶縁膜は、電気的な絶縁をする他、エッチング処理に対する保護層となる。

【0040】下部電極膜32としては、例えば、チタン層を約200nm、酸化チタン層を約200nm、チタン層を約5nm、白金を約500nmおよびチタン層を約5nmの各膜厚で、直流スパッタリング法等を用いて順次積層して形成する。なお、膜厚約800nmの白金層をスパッタリング法等により形成してもよい。ただし、白金層の下にチタン層は必要である。

【0041】次いで、圧電体層41を形成する。圧電性セラミックス材料（例えば、チタン酸ジルコン酸鉛：PZT）あるいはそれらの固溶体を主成分とする材料を、スピコーティング法で下部電極膜32の上に塗布（形成）する。この段階では、圧電体層の表面には成膜法によって生じる多少の凹凸が存在する（図4の43参照）。

【0042】参照層の厚みは、本形態のように8層重ねる場合には、一層当たり125nm程度の厚さにする。スピコーティングの他に、半導体プロセスで用いられるスパッタリング法や、CVD法を用いて圧電体層を形成してもよい。

【0043】乾燥脱脂工程（同図(b)）： 塗布直後の圧電体層41bはアモルファス状態の圧電体膜前駆体というものであり、結晶化していない。このため、材料の塗布後、一定温度（例えば180度）で一定時間（例えば10分程度）乾燥させる。乾燥後、さらに有機溶媒を蒸発させるべく、所定の高温（例えば400度）で一定時間（30分間）脱脂する。

【0044】複数層を積層する場合は、さらに圧電性セラミックス材料の塗布、乾燥、脱脂を繰り返し、所望の厚さとする。

【0045】所望の厚さに圧電体を積層したら、さらにセラミックス層の結晶化を促進し、圧電体としての特性を向上させるために、所定の雰囲気下で熱処理する。例

8

えば、酸素中において、高速熱処理（RTA：Rapid Thermal Annealing）するため、600度で5分間、さらに725度で1分間加熱する。

【0046】平滑面形成工程（同図(c)）： 圧電体層41が形成されると、その表面43を研磨し、平滑面44を形成する。研磨方法としては、化学機械研磨（CMP）が好ましい。化学機械研磨は、研磨する面を下にして、プラテンと呼ばれる回転する研磨定盤に押し付けることにより行われる。プラテンの研磨面には発泡ウレタン製のパッドが張り付けられており、パッドにはスラリと呼ばれる研磨材が付着している。スラリとしては、シリカ（SiO<sub>2</sub>）という微粉末（8～50nm）を水酸化カリウム（KOH）中に分散させたものや、過酸化水素剤（H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>）にアルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）微粒子を添加したものが用いられている。

【0047】同図(c)は、プラテン10を回転軸11中心で切断した構造が示されている。プラテン10は10～100r.p.m程度の回転速度で回転しており、この回転するプラテン10に圧電体層の表面が2～3分間押し付けられる。これにより、圧電体層41の凹凸のある表面43が50～100nm程度が削られて、残りの膜厚の目標値で0.1μm程度の加工精度であって、膜厚のばらつきが5%以内の平滑面44が形成される。研磨処理により、表面43の凹凸が除去され、チタンやジルコニウム等が偏析して生じた異常成分46が除去される。

【0048】化学機械研磨を行う装置としては、例えば米国IPEC/PLANAR社製のAVANTI472、米国STRASBAUGH社製の6DS-SP、スピードファム社製のCMP-II、ラップマスターSFT製のLGP-554、荏原製作所製のEPO-113および米国アブライド・マテリアルズ社製のMIRRA等の装置を適用できる。もちろん、圧電体層の表面を同程度の精度とばらつきで加工できるのであれば、他の方法を用いてもよい。

【0049】上部電極形成工程（同図(d)）： 平滑面44の上に上部電極膜42を、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法等の技術を用いて形成する。上部電極の材料は、導電性があり化学的・物理的な安定性が高い材料とする。その膜厚は、100nm程度の厚さとする。

【0050】エッチング工程（同図(e)）： 各層を形成後、振動板膜3上の積層構造を、各キャビティの形状に合わせた形状になるようマスクし、その周囲をエッチングし、上部電極膜および圧電体層を取り除く。すなわち、スピナー法、スプレー法等の方法を用いて均一な厚さのレジストを塗布し、露光・現像して、レジストを上部電極膜42上に形成する。これに、通常用いるイオンミリング、あるいはドライエッチング法等を適用して、不要な層構造部分を除去する。

【0051】さらに、圧力室基板2の他方の面にキャビ



(6)

9

ティ21を形成する。例えば、アルカリ水溶液による異方性エッチング、平行平板型反応性イオンエッチング等の活性気体を用いた異方性エッチングを用いて、キャビティ空間のエッチングを行う。エッチングされずに残された部分が側壁22になる。エッチング後の圧力室基板2にノズル板1をエポキシ樹脂等を用いて貼り合わせる。このとき、各ノズル11が圧力室基板2のキャビティ21の各々の空間に配置されるよう位置合せする。ノズル板1が貼り合わせられた圧力室基板2を筐体5に取り付ければ、インクジェット式記録ヘッド101が完成する。

【0052】上記したように、本発明によれば、化学機械研磨により圧電体層の表面の凹凸および異常成分を除去し、均質な圧電体層を形成できる。これにより、インクジェット式記録ヘッドのいずれの圧電体素子4でも、その耐圧が一定値以上となり、圧電特性の劣化がない。したがって、インクジェット式記録ヘッドの信頼性が向上し、いずれの圧電体素子に電圧を印加しても等量のインク滴を吐出させることができる。

【0053】＜その他の変形例＞なお、本発明は、上記実施形態によらず、種々に変形が可能である。例えば、本発明は、インクジェット式記録ヘッドの圧電体素子を主たる適用対象としたが、独立部品としての圧電体素子に本発明を適用してもよい。すなわち、PZT等の圧電性セラミックを用いて成形した圧電体層の表面を研磨して平滑面を形成し、この圧電体層を二つの電極膜で挟持して圧電体素子を構成する。この圧電体層を両電極膜で挟持し、その積層構造を、所望の大きさに合わせて切り出せば、高性能の圧電体素子が得られる。本発明の圧電体素子によれば、圧電体層が均質で耐圧が一定かつ圧電特性の劣化が無いので、信頼性の高い圧電体素子を提供できる。このような圧電体素子の適用対象としては、圧電加速度計、圧電結晶子、圧電スピーカ、圧電ピックアップ、圧電マイクロフォン等が考えられる。

#### 【0054】

【発明の効果】本発明によれば、圧電体層に平滑面を設けることにより、圧電体層を均質化したので、一定の耐圧を備え圧電特性が劣化しにくい圧電体素子を提供できる。したがってインクジェット式記録ヘッドや圧電体素子に対する信頼性を高めることができる。

10

【0055】すなわち、本発明によれば、圧電体層の表面に生じた表面粗れや表面に偏析した特定の組成を除去することにより、圧電特性が劣化せず、信頼性の高い圧電体素子を提供できる。

【0056】また、本発明によれば、表面粗れや表面に偏析した特定の組成が除去された圧電体素子を用いることにより、信頼性が高く、かつ、各ノズルとも均一にインク滴が吐出されるインクジェット式記録ヘッドを提供できる。

【0057】さらに、本発明によれば、上記効果を奏する圧電体素子およびその圧電体素子を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

【図2】本発明のインクジェット式記録ヘッドの圧力室基板の斜視図で一部断面図である。

【図3】本発明の圧電体素子の層構造を説明する断面図であり、図2のA-A切断面から一つの圧電体素子を観察したものである。

【図4】従来の圧電体素子の層構造を説明する断面図であり、図3の断面図との比較図である。

【図5】本発明のインクジェット式記録ヘッドの製造方法を説明する製造工程断面図であり、各工程における圧力室基板の切断面を模式的に示した図である。

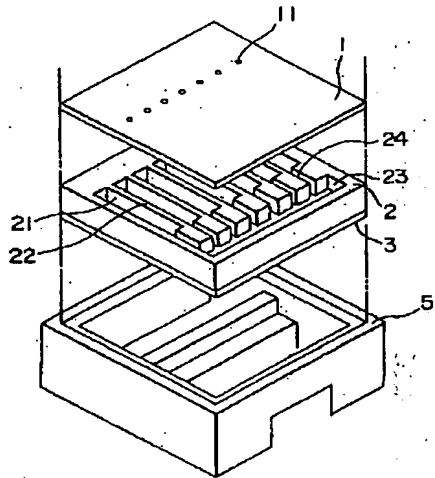
#### 【符号の説明】

- 1…ノズル板
- 2…圧力室基板
- 3…振動板
- 4…圧電体素子
- 21…キャビティ
- 31…絶縁膜
- 32…下部電極膜
- 41…圧電体層
- 42…上部電極膜
- 43…凹凸のある圧電体層の表面
- 44…本発明の平滑面
- 45…偏析領域
- 46…異常成分

40

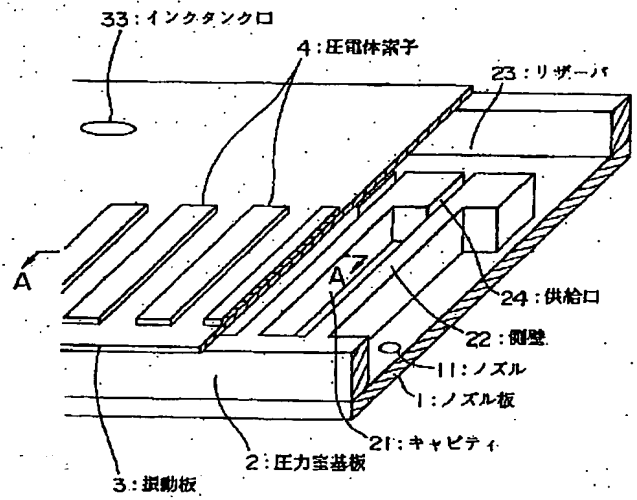
(7)

【図 1】

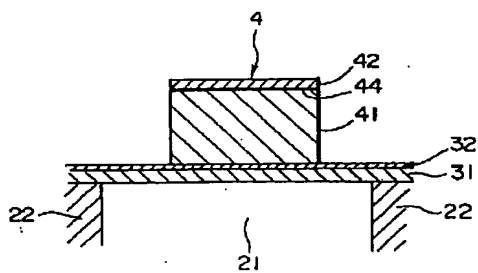


101:インクジェットプリンタヘッド

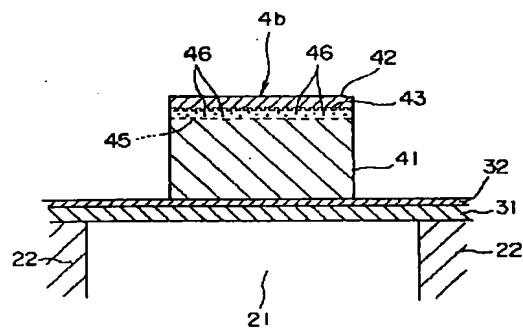
【図 2】



【図 3】



【図 4】



(8)

【図5】

